

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-233554

(43)Date of publication of application : 02.09.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 09-034719

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 19.02.1997

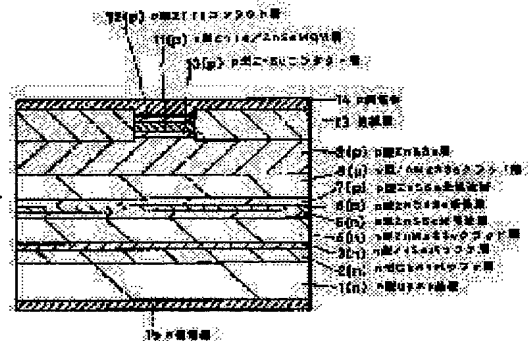
(72)Inventor : NAKANO KAZUSHI  
TODA ATSUSHI

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light emitting element, wherein characteristics can be stabilized and a long life II-VI compound semiconductor is used.

SOLUTION: In a semiconductor laser of an SCH structure wherein a ZnCdSe layer is an active layer, a ZnSSe layer is an optical waveguide layer and a ZnMgSSe layer is a clad layer, a p-type ZnCdSe active layer 6 is used as an active layer. An effective acceptor concentration NA-ND of the p-type ZnCdSe active layer 6 is  $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$  or more and  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  or less, e.g.  $6 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ . A p-type ZnSSe optical waveguide layer can be provided between an n-type ZnSSe optical waveguide layer 5 and the p-type ZnCdSe active layer 6. The effective acceptor concentration NA-ND of the p-type ZnSSe optical waveguide layer is  $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$  or more and  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  or less, e.g.  $6 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  and a thickness thereof is 30nm, for example.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-233554

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月2日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

D

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-34719

(22) 出願日

平成9年(1997) 2月19日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 中野 一志

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 戸田 淳

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

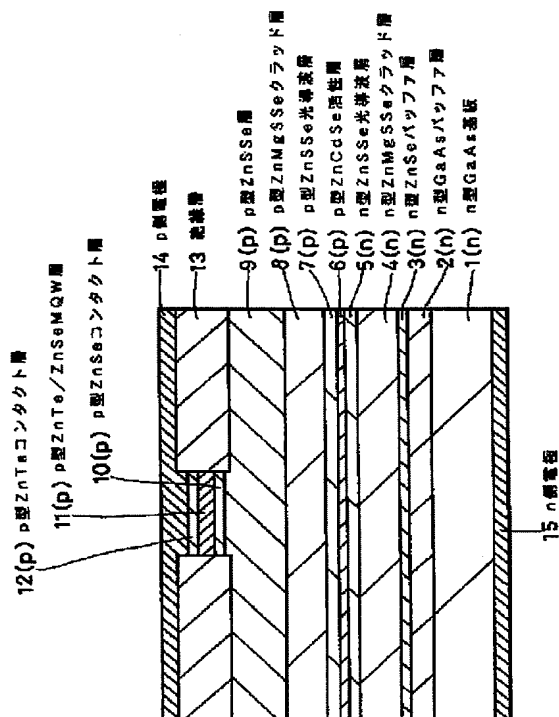
(74) 代理人 弁理士 杉浦 正知

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 特性の安定化を図ることができ、しかも長寿命のⅡ-Ⅵ族化合物半導体を用いた半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 ZnCdSe層を活性層、ZnSSe層を光導波層、ZnMgSSe層をクラッド層とするSCH構造の半導体レーザにおいて、活性層としてp型ZnCdSe活性層6を用いる。p型ZnCdSe活性層6の有効アクセプタ濃度 $N_A - N_D$ は $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下、例えば $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ とする。n型ZnSSe光導波層5とp型ZnCdSe活性層6との間にp型ZnSSe光導波層を設けてもよい。このp型ZnSSe光導波層の有効アクセプタ濃度 $N_A - N_D$ は $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下、例えば $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ とし、厚さは例えば30nmとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層をn型クラッド層とp型クラッド層とによりはさんだ構造を有し、

上記活性層、上記n型クラッド層および上記p型クラッド層は、Zn、Hg、Cd、MgおよびBeからなる群より選ばれた少なくとも一種類以上のII族元素と、

S、SeおよびTeからなる群より選ばれた少なくとも一種類以上のVI族元素とにより構成されたII-V族化合物半導体からなる半導体発光素子において、上記活性層がp型であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 上記活性層の有効アクセプタ濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】 上記活性層の有効アクセプタ濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項4】 上記n型クラッド層と上記活性層との間に上記II-V族化合物半導体からなる別のp型クラッド層を有することを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項5】 上記別のp型クラッド層の有効アクセプタ濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項4記載の半導体発光素子。

【請求項6】 上記別のp型クラッド層の有効アクセプタ濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項4記載の半導体発光素子。

【請求項7】 上記別のp型クラッド層の厚さが100nm以下であることを特徴とする請求項4記載の半導体発光素子。

【請求項8】 上記n型クラッド層と上記活性層との間および上記p型クラッド層と上記活性層との間に、上記II-V族化合物半導体からなる第1の光導波層および第2の光導波層がそれぞれ設けられていることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項9】 上記第1の光導波層のうちの少なくとも上記活性層に隣接する部分がp型であることを特徴とする請求項8記載の半導体発光素子。

【請求項10】 上記第1の光導波層の上記p型の部分の有効アクセプタ濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項9記載の半導体発光素子。

【請求項11】 上記第1の光導波層の上記p型の部分の有効アクセプタ濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項9記載の半導体発光素子。

【請求項12】 上記第1の光導波層の上記p型の部分の厚さが100nm以下であることを特徴とする請求項9記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体発光素子に関し、特にII-V族化合物半導体を用いた半導体発光素子、例えば半導体レーザや発光ダイオードに適用して好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光ディスクや光磁気ディスクに対する記録／再生の高密度化または高解像度化を実現するために、青色ないし緑色で発光可能な半導体発光素子に対する要求が高まっており、その実現に向けて活発な研究が行われている。

【0003】このような青色ないし緑色で発光可能な半導体発光素子の製造に用いられる材料としては、Zn、Hg、Cd、Mg、BeなどのII族元素とS、Se、TeなどのVI族元素とからなるII-V族化合物半導体が最も有望である。特に、四元素のII-V族化合物半導体であるZnMgSSeは、結晶性に優れ、入手も容易なGaAs基板上への結晶成長が可能であり、例えば青色で発光可能な半導体レーザをこのGaAs基板を用いて製造するときのクラッド層や光導波層などに適していることが知られている（例えば、Electronics Letters 28(1992)1798）。

【0004】この種のII-V族化合物半導体を用いた半導体発光素子の寿命を決める要因としては、基板上に積層されたII-V族化合物半導体層の格子欠陥が第一に挙げられる。特に、GaAs基板のようなIII-V族化合物半導体基板とII-V族化合物半導体成長層との界面に起因する積層欠陥は、活性層において非発光再結合中心の増殖に大きな影響を与える。そのため、これまで、主としてIII-V族化合物半導体基板とII-V族化合物半導体成長層との界面における欠陥の低減に努力が払われてきた。その中で、III-V族化合物半導体基板上にGaAsバッファ層を成長して、III-V族化合物半導体基板とII-V族化合物半導体成長層との界面を平坦化することで、積層欠陥密度を $1 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ 以下に抑えることが可能になり、青色ないし緑色で発光可能な半導体レーザの室温連続発振における寿命も100時間を越えるに至った（例えば、Electronics Letters 32(1996)552）。このように、III-V族化合物半導体基板とII-V族化合物半導体成長層との界面における積層欠陥を制御することが可能となり、II-V族化合物半導体を用いた半導体発光素子において、積層欠陥に起因する特性の劣化の問題はほぼ解決された。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者の知見によれば、II-V族化合物半導体を用いた半導体発光素子において積層欠陥が低減された場合であっても、通電を行うと、時間の経過とともに発光波長が短波長化したり、しきい値電流が増加したりすることが

確認されている。特に、しきい値電流の増加は半導体発光素子の長寿命化を妨げる一因となっている。

【0006】したがって、この発明の目的は、特性の安定化を図ることができ、しかも長寿命のⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体を用いた半導体発光素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上述の課題を解決するために、鋭意検討を行った。以下にその概要について説明する。

【0008】すなわち、例えば、 $\text{ZnCdSe}/\text{ZnSe}$  超格子構造では、熱処理によりⅡⅠ族空孔が関与して $\text{ZnCdSe}$ 層中のCd原子が外部に拡散することが知られている（例えば、Appl. Phys. Lett. 69(1996)2647）。一方、一般に、固体中の原子の拡散係数は空孔の濃度に比例することが知られている。

【0009】さて、ⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体を用いた半導体レーザでは、通常、アンドープの $\text{ZnCdSe}$ 活性層が用いられるが、このような半導体レーザでは、通電を行うことにより、 $\text{ZnCdSe}$ 活性層中のCd原子が外部に拡散すると考えられる。そして、このように $\text{ZnCdSe}$ 活性層中のCd原子が外部に拡散した場合、 $\text{ZnCdSe}$ 活性層中のCdの組成比率が減少するため、この $\text{ZnCdSe}$ 活性層のバンドギャップが増大し、これに伴って、光やキャリアの閉じ込めが弱くなる。そのため、上述のような経時的な発光波長の短波長化やしきい値電流の上昇を招いていると考えられる。この際、 $\text{ZnCdSe}$ 活性層中のCd原子の拡散には、上述の $\text{ZnCdSe}/\text{ZnSe}$ 超格子におけるCd原子の拡散の場合と同様に、ⅡⅠ族空孔が関与し、Cd原子の拡散係数はⅡⅠ族空孔の濃度に比例すると考えられる。したがって、 $\text{ZnCdSe}$ 活性層中のCd原子の外部への拡散を抑えるためには、 $\text{ZnCdSe}$ 活性層中のⅡⅠ族空孔の濃度を低減することが有効であると言える。

【0010】すなわち、負に帯電しているⅡⅠ族空孔（例えば、 $[\text{V}_{\text{II}}^-]$ ）の濃度はフェルミ準位の位置に強く依存する。このため、ⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体の電子濃度が増してフェルミ準位が上昇すると、ⅡⅠ族空孔の濃度が増加し、その結果、ⅡⅠ族原子の拡散が促進され、反対に、ⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体の正孔濃度が増してフェルミ準位が下がると、ⅡⅠ族空孔の濃度が減少し、その結果、ⅡⅠ族原子の拡散が抑制される。

【0011】このように、活性層中のⅡⅠ族原子の拡散を抑えるためには、活性層のフェルミ準位を下げてⅡⅠ族空孔の濃度を低減することが有効である。そして、これを実現するためには、この活性層の導電型をp型にすればよい。

【0012】すなわち、上記目的を達成するために、この発明は、活性層をn型クラッド層とp型クラッド層とによりはさんだ構造を有し、活性層、n型クラッド層お

よびp型クラッド層は、Zn、Hg、Cd、MgおよびBeからなる群より選ばれた少なくとも一種類以上のⅡⅠ族元素と、S、SeおよびTeからなる群より選ばれた少なくとも一種類以上のⅤⅠ元素とにより構成されたⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体からなる半導体発光素子において、活性層がp型であることを特徴とするものである。

【0013】この発明において、活性層のⅡⅠ族原子の拡散を有効に防止する観点から、活性層の有効アクセプタ濃度 $N_A - N_D$ （ $N_A$ ：アクセプタ濃度、 $N_D$ ：ドナー濃度）は、 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以下、好適には  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以下に選ばれる。

【0014】この発明においては、n型クラッド層と活性層との間にⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体からなる別のp型クラッド層をさらに有してもよい。この場合、このp型クラッド層の有効アクセプタ濃度 $N_A - N_D$ は、活性層のⅡⅠ族原子の拡散を有効に防止する観点から、 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以下、好適には  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以下に選ばれ、その厚さは、活性層のⅡⅠ族原子の拡散を有効に防止し、かつ、半導体発光素子の特性に悪影響を及ぼさないようにする観点から、例えば100nm以下に選ばれる。

【0015】この発明においては、典型的には、n型クラッド層と活性層との間およびp型クラッド層と活性層との間に、ⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体からなる第1の光導波層および第2の光導波層をさらに有する。また、n型クラッド層と活性層との間の第1の光導波層のうちの少なくとも活性層に隣接する部分をp型としてもよい。この場合、第1の光導波層のp型の部分の有効アクセプタ濃度 $N_A - N_D$ は、活性層のⅡⅠ族原子の拡散を有効に防止する観点から、 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以下、好適には  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以下に選ばれ、その厚さは、活性層のⅡⅠ族原子の拡散を有効に防止し、かつ、半導体発光素子の特性に悪影響を及ぼさないようにする観点から、例えば100nm以下に選ばれる。

【0016】上述のように構成されたこの発明によれば、活性層がp型であるため、この活性層のフェルミ準位は従来に比べて低くなり、このためこの活性層中のⅡⅠ族空孔の濃度が低くなる。これによって、通電時における活性層中のⅡⅠ族原子の外部への拡散を抑制することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0018】図1は、この発明の第1の実施形態によるⅡⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体を用いた半導体レーザを示す

10

20

30

40

50

断面図である。この半導体レーザは、SCH (Separate Confinement Heterostructure) 構造を有し、活性層は単一量子井戸 (SQW) 構造を有するものである。

【0019】図1に示すように、この半導体レーザにおいては、n型GaAs基板1上に、例えばドナー不純物としてSiがドーパされたn型GaAsバッファ層2、例えばドナー不純物としてClがドーパされたn型ZnSeバッファ層3、例えばドナー不純物としてClがドーパされたn型ZnMgSSeクラッド層4、例えばドナー不純物としてClがドーパされたn型ZnSSe光導波層5、例えばアクセプタ不純物としてNがドーパされたp型ZnCdSe活性層6、例えばアクセプタ不純物としてNがドーパされたp型ZnSSe光導波層7、例えばアクセプタ不純物としてNがドーパされたp型ZnMgSSeクラッド層8、例えばアクセプタ不純物としてNがドーパされたp型ZnSSe層9、例えばアクセプタ不純物としてNがドーパされたp型ZnSeコンタクト層10、例えばアクセプタ不純物としてNがそれぞれドーパされたp型ZnTeからなる量子井戸層とp型ZnSeからなる障壁層とが交互に積層されたp型ZnTe/ZnSe多重量子井戸 (MQW) 層11および例えばアクセプタ不純物としてNがドーパされたp型ZnTeコンタクト層12が順次積層されている。

【0020】ここで、p型ZnSSe層9の上層部、p型ZnSeコンタクト層10、p型ZnTe/ZnSe MQW層11およびp型ZnTeコンタクト層12はストライプ形状にパターンニングされている。このストライプ部の幅は例えば10 $\mu$ mである。

【0021】さらに、上述のストライプ部以外の部分のp型ZnSSe層9上には、例えばアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 膜からなる絶縁層13が設けられている。そして、ストライプ形状のp型ZnTeコンタクト層12および絶縁層13上に、例えば、厚さが10nmのPd膜と厚さが100nmのPt膜と厚さが300nmのAu膜とを順次積層した構造のPd/Pt/Au電極のようなp側電極14が設けられている。一方、n型GaAs基板1の裏面には、例えばIn電極のようなn側電極15が設けられている。

【0022】この半導体レーザにおいて、p型ZnCdSe活性層6中の有効アクセプタ濃度N<sub>A</sub> - N<sub>0</sub>は、例えば1 $\times$ 10<sup>15</sup> cm<sup>-3</sup>以上5 $\times$ 10<sup>17</sup> cm<sup>-3</sup>以下に選ばれ、具体的には、例えば6 $\times$ 10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>に選ばれる。

【0023】また、n型ZnSSe光導波層5およびp型ZnSSe光導波層7としては、例えばZnS<sub>0.06</sub>Se<sub>0.94</sub>の組成のZnSSe層が用いられ、p型ZnCdSe活性層6としては、例えばZn<sub>0.85</sub>Cd<sub>0.15</sub>Seの組成のZnCdSe層が用いられる。

【0024】一方、n型ZnMgSSeクラッド層4の厚さは例えば700nm、n型ZnSSe光導波層5の厚さは例えば60nm、p型ZnCdSe活性層6の厚

さは例えば6~12nm、p型ZnSSe光導波層7の厚さは例えば60nm、p型ZnMgSSeクラッド層8の厚さは例えば500nm、p型ZnSSe層9の厚さは例えば500nm、p型ZnSeコンタクト層10の厚さは例えば100nmである。

【0025】次に、この第1の実施形態による半導体レーザの製造方法について説明する。すなわち、この半導体レーザを製造するには、まず、図示省略したMBE装置の超高真空中に排気された真空容器内の基板ホルダーにn型GaAs基板1を装着する。次に、このn型GaAs基板1を所定のエピタキシャル成長温度に加熱した後、このn型GaAs基板1上にMBE法によりn型GaAsバッファ層2をエピタキシャル成長させる。この場合、ドナー不純物であるSiのドーピングは、Siの分子線源 (Kセル) を用いて行う。なお、このn型GaAsバッファ層2のエピタキシャル成長は、n型GaAs基板1を例えば580℃付近の温度に加熱してその表面をサーマルエッチングすることにより表面酸化膜などを除去して表面清浄化を行った後に行ってもよい。

【0026】次に、このようにしてn型GaAsバッファ層2がエピタキシャル成長されたn型GaAs基板1を、図示省略した真空搬送路を介して、上述のMBE装置から図2に示す別のMBE装置に搬送する。そして、この図2に示すMBE装置において、レーザ構造を形成する各III-V族化合物半導体層のエピタキシャル成長を行う。この場合、n型GaAsバッファ層2の表面は、そのエピタキシャル成長が行われてから図2に示すMBE装置に搬送される間に大気にさらされないので、清浄のまま保たれる。

【0027】図2に示すように、このMBE装置においては、図示省略した超高真空排気装置により超高真空中に排気された真空容器21内に基板ホルダー22が設けられ、この基板ホルダー22にエピタキシャル成長を行う基板が保持される。このエピタキシャル成長を行う基板は、ゲートバルブ23を介して真空容器21に取り付けられた予備室24から真空容器21内に導入される。真空容器21には、基板ホルダー22に対向して複数の分子線源 (Kセル) 25が取り付けられている。この場合、分子線源25としては、Zn、Se、Mg、ZnS、TeおよびCdの各分子線源が用意されている。真空容器21にはさらに、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマセル26が基板ホルダー22に対向して取り付けられている。このECRプラズマセル26には、マグネット27、マイクロ波導入端子28、窒素ガス導入管29およびプラズマ導出口30が設けられている。なお、このECRプラズマセル26は、高周波 (RF) プラズマセルに置き換えることができる。

【0028】さて、n型GaAsバッファ層2上にレーザ構造を構成する各III-V族化合物半導体層をエピタキシャル成長させるためには、図2に示すMBE装置

の真空容器 21 内の基板ホルダー 22 に、この n 型 GaAs バッファ層 2 がエピタキシャル成長された n 型 GaAs 基板 1 を装着する。次に、この n 型 GaAs 基板 1 を所定のエピタキシャル成長温度、好ましくは 250 ~ 300 °C の範囲内の温度、具体的には例えば 280 °C に下げて MBE 法によるエピタキシャル成長を開始する。すなわち、n 型 GaAs バッファ層 2 上に、n 型 ZnSe バッファ層 3、n 型 ZnMgSSe クラッド層 4、n 型 ZnSSe 光導波層 5、p 型 ZnCdSe 活性層 6、p 型 ZnSSe 光導波層 7、p 型 ZnMgSSe クラッド層 8、p 型 ZnSSe 層 9、p 型 ZnSe コンタクト層 10、p 型 ZnTe/ZnSeMQW 層 11 および p 型 ZnTe コンタクト層 12 を順次エピタキシャル成長させる。

【0029】 上述の MBE 法によるエピタキシャル成長においては、例えば、Zn 原料としては純度 99.99 % の Zn を用い、Mg 原料としては純度 99.99 % の Mg を用い、S 原料としては 99.9999 % の Se を用いる。また、n 型 ZnSe バッファ層 3、n 型 ZnMgSSe クラッド層 4 および n 型 ZnSSe 光導波層 5 のドナー不純物としての Cl のドーピングは、例えば、純度 99.9999 % の  $ZnCl_2$  をドーパントとして用いて行う。この場合、 $ZnCl_2$  の加熱温度を 60 ~ 200 °C とすることによって、Cl のドーピング濃度を  $10^{17} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  の範囲で制御することができる。例えば、n 型 ZnSe バッファ層 3 のエピタキシャル成長においては、 $ZnCl_2$  の加熱温度を 140 °C とすると、Cl のドーピング濃度を  $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  とすることができる。一方、p 型 ZnCdSe 活性層 6、p 型 ZnSSe 光導波層 7、p 型 ZnMgSSe クラッド層 8、p 型 ZnSSe 層 9、p 型 ZnSe コンタクト層 10、p 型 ZnTe/ZnSeMQW 層 11 および p 型 ZnTe コンタクト層 12 のアクセプタ不純物としての N のドーピングは、図 2 に示す MBE 装置の ECR プラズマセル 26 において、マグネット 27 による磁界の印加およびマイクロ波導入端子 28 からのマイクロ波の導入によって、窒素ガス導入管 29 から導入される  $N_2$  ガスのプラズマ化を行い、これにより発生された  $N_2$  プラズマを基板表面に照射することにより行う。

【0030】 次に、p 型 ZnTe コンタクト層 12 上に一方方向に延びる所定幅のストライプ形状のレジストパターン（図示せず）をリソグラフィーにより形成した後、このレジストパターンをマスクとして、p 型 ZnSSe 層 9 の厚さ方向の途中の深さまでウェットエッチング法によりエッチングする。これによって、p 型 ZnSSe 層 9 の上層部、p 型 ZnSe コンタクト層 10、p 型 ZnTe/ZnSeMQW 層 11 および p 型 ZnTe コンタクト層 12 がストライプ形状にパターンニングされる。

【0031】 次に、上述のエッチングに用いたレジストパターンを残したまま全面に  $Al_2O_3$  膜を真空蒸着し

た後、このレジストパターンを、その上に形成された  $Al_2O_3$  膜とともに除去する（リフトオフ）。これによって、ストライプ部以外の部分の p 型 ZnSSe 層 9 上のみ  $Al_2O_3$  膜からなる絶縁層 13 が形成される。この絶縁層 13 は電流狭窄を行うためのものである。

【0032】 次に、ストライプ状の p 型 ZnTe コンタクト層 12 および絶縁層 13 の全面に Pd 膜、Pt 膜および Au 膜を順次真空蒸着して Pd/Pt/Au 電極からなる p 側電極 14 を形成し、その後必要に応じて熱処理を行って、この p 側電極 14 を p 型 ZnTe コンタクト層 12 にオーム性接触させる。一方、n 型 GaAs 基板 1 の裏面には In 電極のような n 側電極 15 を形成する。

【0033】 以上のように、この第 1 の実施形態によれば、ZnCdSe/ZnSSe/ZnMgSSe SCH 構造の半導体レーザにおいて、活性層として p 型 ZnCdSe 活性層 6 を用いていることにより、従来用いられているアンドープの ZnCdSe 活性層に比べて、フェルミ準位が低くなり、p 型 ZnCdSe 活性層 6 中の II 族空孔の濃度が低くなる。その結果、この p 型 ZnCdSe 活性層 6 は、その中の Cd 原子が拡散しにくい状態になっている。このため、この半導体レーザに通電を行った場合、p 型 ZnCdSe 活性層 6 中の Cd 原子の外部への拡散を抑制することができるので、p 型 ZnCdSe 活性層 6 において Cd 元素の組成比率の減少によるバンドギャップの増大が防止され、さらに、その結果、光やキャリアの閉じ込めが弱くなることが防止され、発光波長の短波長化やレーザ発振のしきい値電流の上昇を抑制することができる。これによって、特性が安定で、しかも長寿命の II-VI 族化合物半導体を用いた半導体レーザを実現することができる。

【0034】 図 3 は、この発明の第 2 の実施形態による II-VI 族化合物半導体を用いた半導体レーザを示す断面図である。この半導体レーザも SCH 構造を有し、活性層は SQW 構造を有するものである。

【0035】 図 3 に示すように、この第 2 の実施形態による半導体レーザは、第 1 の実施形態による半導体レーザと同様な構成に加えて、n 型 ZnSSe 光導波層 5 と p 型 ZnCdSe 活性層 6 との間に、例えばアクセプタ不純物として N がドーパされた p 型 ZnSSe 光導波層 31 をさらに有する。

【0036】 この p 型 ZnSSe 光導波層 31 としては、例えば、 $Zn_{0.06}Se_{0.94}$  の組成の ZnSSe 層が用いられる。ここで、p 型 ZnSSe 光導波層 31 の有効アクセプタ濃度  $N_A - N_D$  は  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以上  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以下、具体的には、例えば  $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  に選ばれる。また、この p 型 ZnSSe 光導波層 31 の厚さは例えば 30 nm に選ばれる。このとき、n 型 ZnSSe 光導波層 5 の厚さは例えば 30 nm に選ばれる。その他の構成は、第 1 の実施形態と同様であるの

で、説明を省略する。

【0037】この第2の実施形態による半導体レーザの製造方法は、第1の実施形態による半導体レーザと同様であるので、説明を省略する。

【0038】この第2の実施形態によれば、ZnCdSe/ZnSSe/ZnMgSSeSCH構造の半導体レーザにおいて、活性層としてp型ZnCdSe活性層6が用いられていることに加えて、n型ZnSSe光導波層5とp型ZnCdSe活性層6との間にp型ZnSSe光導波層31が設けられているので、p型ZnCdSe活性層6中のII族空孔の濃度が低減されるとともに、これに隣接するp型ZnSSe光導波層31中のII族空孔の濃度もまた低減され、これによって、通電したときのp型ZnCdSe活性層6中のCd原子の外部への拡散をより有効に抑制することができる。そして、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0039】以上この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、実施形態において挙げた数値、材料、構造などはあくまで例にすぎず、これに限定されるものではない。具体的には、例えば、上述の第1および第2の実施形態においては、SCH構造を有し、活性層はSQW構造を有する半導体レーザにこの発明を適用した場合について説明したが、この発明は、ダブルヘテロ(DH)構造を有する半導体レーザに適用することが可能であるほか、活性層がMQW構造を有する半導体レーザに適用することも可能である。さらに、この発明は発光ダイオードに適用することも可能である。

【0040】また、上述の第1および第2の実施形態において、n型ZnSeバッファ層3とn型ZnMgSSe\*

\* eクラッド層4との間に、n型ZnSSeバッファ層を設けてもよい。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、活性層がp型であることにより、活性層中のII族空孔の濃度を低減することができ、活性層中のII族原子の外部への拡散を抑制することができる。これにより、II-VI族化合物半導体を用いた半導体発光素子の特性の安定化を図ることができるとともに、長寿命化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1の実施形態によるII-VI族化合物半導体を用いた半導体レーザを示す断面図である。

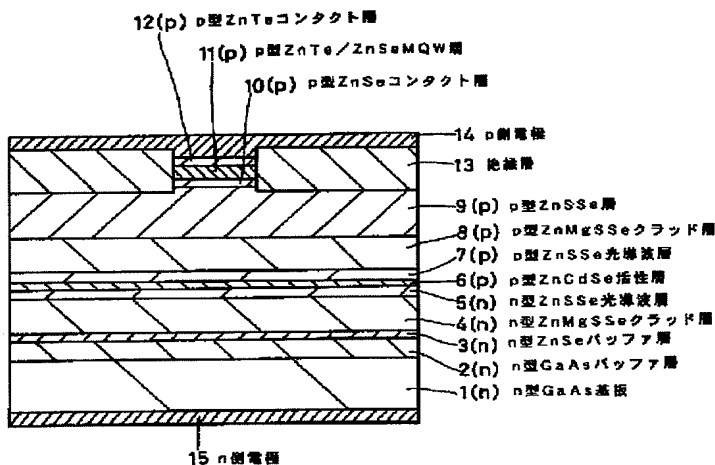
【図2】 この発明の第1の実施形態による半導体レーザの製造に用いられるMBE装置の一例を示す略線図である。

【図3】 この発明の第2の実施形態によるII-VI族化合物半導体を用いた半導体レーザを示す断面図である。

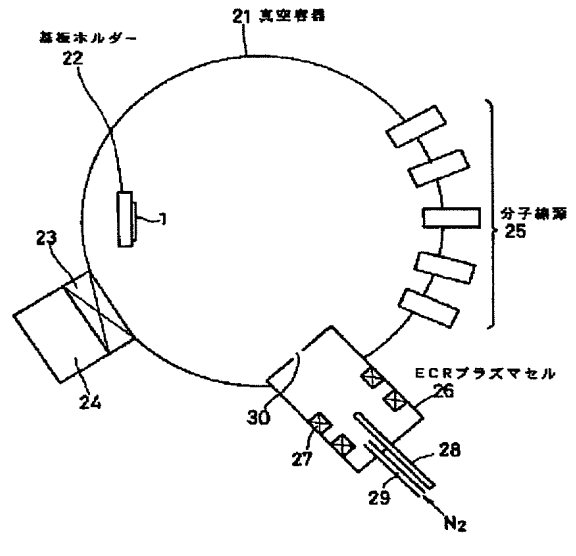
【符号の説明】

1・・・n型GaAs基板、4・・・n型ZnMgSSeクラッド層、5・・・n型ZnSSe光導波層、6・・・p型ZnCdSe活性層、7・・・p型ZnSSe光導波層、8・・・p型ZnMgSSeクラッド層、9・・・p型ZnSSe層、10・・・p型ZnSeコンタクト層、11・・・p型ZnTe/ZnSeMQW層、12・・・p型ZnTeコンタクト層、13・・・絶縁層、14・・・p側電極、15・・・n側電極、21・・・真空容器、22・・・基板ホルダー、23・・・分子線源、24・・・ECRプラズマセル、25・・・分子線源、26・・・ECRプラズマセル、27・・・分子線源、28・・・ECRプラズマセル、29・・・分子線源、30・・・分子線源、31・・・p型ZnSSe光導波層

【図1】



【図2】



【図3】

